

国家安全生产监督管理总局规划科技司 编
科技部社会发展科技司

“十五”国家 安全生产优秀科技成果汇编

SHIWUGUOJIA

ANQUANSHENGCHANYOUXIUKEJICHENGGUOHUIBIAN

“十五”国家科技攻关计划科技成果（非煤分册）

煤炭工业出版社

国家安全生产监督管理总局规划科技司 编
科技部社会发展科技司

“十五”国家 安全生产优秀科技成果汇编

SHIWUGUOJIA

ANQUANSHENGCHANYOUXIUKEJICHENGGUOHUIBIAN

“十五”国家科技攻关计划科技成果（非煤分册）



煤炭工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

“十五”国家安全生产优秀科技成果汇编:“十五”国家科技攻关计划科技成果(非煤分册)/国家安全生产监督管理局规划科技司,科技部社会发展科技司编. —北京:煤炭工业出版社,2007.6

ISBN 978-7-5020-3073-5

I. 十… II. ①国…②科… III. 安全生产-科技成果-汇编-中国 IV. X93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 054729 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 889mm × 1194mm¹/₁₆ 印张 75¹/₄

字数 2187 千字 印数 1—3,100

2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

社内编号 5873 定价 220.00 元

(共 4 册)

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

编委会名单

主 任 王显政

副主任 杨 富 马燕合

委 员 (以姓氏笔画为序)

王广湖	王 浩	王端武	宁 宇	田保国	任树奎	伊 烈
刘成江	刘铁民	刘 强	安国森	朱凤山	闫 金	何学秋
张平远	张瑞新	李中锋	金磊夫	郭云涛	袁 亮	黄智全
黄盛初	彭玉敬					

主 编 何学秋

副主编 周北驹 麻名更 申宝宏 张兴凯

编写人员 (以姓氏笔画为序)

孔 勇	文光才	王兆丰	王 威	王恩元	王继仁	王魁军
邓 军	邓云峰	兰西柱	卢鉴章	叶发先	刘见中	刘功智
刘正伟	刘志忠	刘明举	刘泽功	刘英波	刘 剑	刘春富
刘秋兰	刘晓明	刘新军	向衍荪	多英全	孙东玲	朱 昆
邢福康	阴建康	何肇瑜	吴宗之	吴 桁	吴殿虎	吴燕清
张兴华	张延松	张设计	张宏伟	张国顺	张英喆	张 烁
张 浪	张 超	李 平	李传贵	李 扬	李红臣	李铁良
李 群	李德文	李成武	杜乐清	杨宏民	苏振忠	陆守香
陈功胜	陈庆锋	陈 钢	邹忠有	邹宏君	周心权	周德昶
林 岚	林柏泉	武 强	罗吉敏	罗海珠	范志杰	郑 卉
金玉明	金龙哲	俞启香	柏发松	胡千庭	贺佑国	赵云发
赵 伟	赵 英	夏抗生	聂百胜	柴建设	耿 凤	袁俊霞
郭 华	郭 洁	曹垚林	曹海龙	梁运培	黄 刚	黄克葵
栗 新	彭苏萍	程远平	董 华	瑞 昭	廖光煊	廖斌琛
蔡周全	薛 生	霍中刚	魏利军	魏建平		

序

安全生产关系人民群众生命财产安全,关系国民经济发展和社会稳定大局。安全科技是构成安全生产的重要要素,是安全生产的有力支撑和根本保障,代表安全生产的发展水平,反映了安全生产工作的发展方向和内在要求。胡锦涛总书记在中央政治局第30次学习会的讲话中指出,要加大安全生产的治本力度,加快安全生产科技进步。温家宝总理也明确要求,加快推进安全生产科技进步,针对重点行业和领域的共性、关键性安全生产技术难题,组织开展安全生产科研攻关,提高安全生产技术水平和安全装备水平。因此,坚持科技兴安战略,重视和加强安全科技工作,抓好安全生产科技成果的研发、推广和应用,对推进安全发展、构建和谐社会,具有十分重要的意义。

“十五”期间,全国安全科技工作取得了长足发展。目前已初步建立了企业为主体、科研机构和大专院校为中坚力量、社会广泛参与、国内外密切合作的“产学研”一体化科技创新体系。培育了一支具有较大规模、较高水平的安全科技队伍。在安全科学基础理论研究与应用、重大工业事故预防预警与应急救援、重大危险源监控、事故重大隐患治理、安全管理等方面取得了一系列新的科研成果。安全生产科技持续创新、优秀科技成果得到不断推广与应用,安全科技支撑和引领“安全发展”的作用日趋显著。

为便于各地、各部门和各行业领域学习、借鉴和推广应用已取得的科研成果,国家安全监管总局和科技部组织编写了《“十五”国家安全生产优秀科技成果汇编》一书。该书以煤矿、非煤矿山、危险化学品、烟花爆竹、城市公共安全等行业领域为重点,汇集了“十五”以来国家安全生产科技攻关成果,第一、二、三届安全生产科技成果获奖成果、优秀推广项目和安全生产示范技术项目等。希望通过安全科技成果的结集出版,进一步激发各地、各部门和各单位加强安全生产科技工作的积极性,加快新科技成果的推广应用步伐,将安全生产科技工作不断推向新阶段。

新时期安全科技工作面临着安全事故“易发期”带来的严峻挑战,肩负着探索安全生产规律、化解事故风险的重要使命。必须坚持以科学发展观和安全发展理念为指导,遵循“安全第一、预防为主、综合治理”的方针,贯彻“自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来”的科技工作理念,大力实施“科教兴安”战略,整合安全生产科技资源,构建安全生产科技创新、技术研发与成果转化体系,全面提升安全生产科技水平,为安全生产“十一五”规划目标的实现提供强有力的科技支撑。

在发展思路上,坚持以增强安全生产科技自主创新能力为中心,大力加强安全生产理论基础研究,开展共性、关键性重大安全科技攻关。强化企业科技创新主体地位,推进安全理论创新和安全技术创新。加强先进、适用技术的开发、推广和应用,实施安全科技示范工程。各行业、各生产企业要加强与有关科研机构和专业院校的联系与配合,健全安全科技工作机制,增强原始创新、集成创新和在引进先进技术基础上的消化、吸收、再创新能力,争取在安全学科前沿和高技术领域占有一席之地。各有关科研部门和机构,要深入分析,针对安全生产领域共性、关键性安全技术和科学难题,积极开展科技攻关,加快科技创新步伐,争取在重点领域取得突破。要进一步加大淘汰危及安全的落后工艺和设备的力度,广泛采用安全性能可靠、先进实用的新技术、新工艺、新设备和新材料,切实提高安全生产的保障能力。

王显政

二〇〇七年五月·北京

目 录

城市公共安全规划技术、方法与程序的研究.....	1
城市突发重大事故应急预案及应急决策系统研究	13
城市安全规划数据库及其网络管理技术研究	24
城市燃气管道安全保障关键技术研究	41
城市公共安全综合试点（杭州市）	75
城市公共安全综合试点（青岛市）	83
城市公共安全综合试点（南宁市）	104
城市重大工业危险源评价与监测关键技术研究.....	117
城市应急能力评估关键技术与应急辅助决策支持系统研究.....	126
合肥市公共安全应急示范试点研究.....	133

城市公共安全规划技术、方法与程序的研究

中国安全生产科学研究院

吴宗之 魏利军 多英全 刘 茂 朱思诚 刘 骥 高进东
谢映霞 朱 坦 高建明 关 磊 张青松 孔彦鸿 曾明荣
马世海 洪昌富 张 峥 于立见 徐 晖 赵国敏 郝天文
周永红 黄继军 牛晓霞 田玉敏 鞠美庭

1 研究的目的、意义及国内外研究现状

1.1 研究的目的、意义

随着我国城市经济的持续发展和城市化进程的加快,城市数量和城市人口规模迅速扩大,城市资产密度明显增加。社会经济的高度集中,容易形成灾害并造成重大事故,近年来,我国城市公共安全形势十分严峻,重、特大恶性伤亡事故及各类灾害不断发生,给人民生命与国家财产造成了巨大损失,对改革、发展和稳定都产生了重大影响。大量数据资料表明,生产安全事故、自然灾害以及社会治安问题日趋严重,尤其是安全生产事故总量居高不下。近几年,全国每年发生 100 万余起各类事故,导致 13 多万人丧生,全国平均每天发生 7.2 起一次死亡 3~9 人的重大事故,平均每周发生 2.5 起一次死亡 10 人以上的特大事故,每月发生 1.2 起一次死亡 30 人以上的特别重大事故。同时生产安全事故造成的经济损失也相当严重。城市的公共安全事故在国民经济中越来越具有举足轻重的地位。据统计,我国每年由于公共安全事故造成的经济损失达 6500 亿元,约占 GDP 总量的 6%,其中生产安全事故引发的损失 2500 亿元,社会治安事件造成的损失 1500 亿元,自然灾害造成的损失 2000 亿元,生物侵害导致的损失 500 亿元。对于我国这样的发展中国家,这是一个巨大的数字,加重了国民经济运行的沉重负担。

造成我国城市重、特大事故及灾害多发的主要原因之一是安全科技的落后。尤其是在城市公共安全规划,以及其他对城市安全水平有重要影响的安全科技方面处于技术落后的状况。在我国过去的城市规划中缺乏对城市的公共安全规划,致使城市存在着重大事故隐患,危害着城市的安全。随着我国经济的高速发展,城市化进程速度明显加快,如何在新兴城市的规划阶段就考虑到安全问题,避免重大事故隐患的出现,合理布置重大危险源,是城市规划部门和安全生产监督管理部门亟需解决的问题。尤其是我国西部大开发战略的提出,必定会促进西部经济的快速发展,在西部开发时应避免我国过去在城市规划中出现的安全问题。因此,开展城市公共安全规划的理论与方法研究,为城市制定科学、系统的安全规划提供依据是十分必要的。

《中华人民共和国城市规划法》第八条规定:“国家鼓励城市规划科学技术研究,推广先进技术,提高城市规划科学技术水平。”同时,该法还明确规定:编制城市规划应当符合城市防火的要求。《中华人民共和国消防法》规定:各城市必须编制城市消防安全专业规划,并纳入城市总体规划。因此,城市公共安全规划是城市综合防灾规划体系的一个重要组成部分,也是城市公共安全系统中必不可少的一个子系统。目前,我国城市公共安全规划缺乏科学理论指导,在规划工作和有关法规中尚未引入基于危险源辨识的定量风险评价的概念,缺乏安全规划技术和方法。

该专题针对长期威胁我国城市公共安全的重大危险源,开展城市公共安全规划方面的研究,为提高我国城市公共安全技术水平,有效预防和控制火灾、爆炸、毒物泄漏等群死群伤事故发生提供技术方法;同时也对影响城市安全的城市公共场所、公共基础设施中的城市燃气、城市工业设施防恐怖袭击、城市防突发公共卫生事件、自然灾害以及道路交通等方面的安全规划的有关内容进行初步研究,为全面提高城市公共安全水平提供技术支持。

1.2 城市公共安全规划的国内外研究现状

1.2.1 国内外安全规划立法现状

我国《城市规划法》明确规定:“各项建设工程的选址、定点,不得妨碍城市的发展,危害城市的安全,污染和破坏城市环境,影响城市各项功能的协调”;《消防法》规定:“城市人民政府应当将包括消防安全布局、消防站、消防供水、消防通信、消防车通道、消防装备等内容的消防规划纳入城市总体规划,并负责组织有关主管部门实施”。“生产、储存和装卸易燃易爆危险物品的工厂、仓库和专用车站、码头,必须设置在城市的边缘或者相对独立的安全地带。易燃易爆气体和液体的充装站、供应站、调压站,应当设置在合理位置,符合防火防爆要求。原有的生产、储存和装卸易燃易爆气体和液体的充装站、供应站、调压站,不符合前款规定的,有关单位应当采取措施,限期加以解决”。国务院《危险化学品安全管理条例》规定:“国家对危险化学品的生产和储存实行统一规划、合理布局 and 严格控制,并对危险化学品生产、储存实行审批制度;未经审批,任何单位和个人都不得生产、储存危险化学品。设区的市级人民政府根据当地经济发展的实际需要,在编制总体规划时,应当按照确保安全的原则规划适当区域专门用于危险化学品的生产、储存。”

1993年6月第80届国际劳工大会通过的《预防重大工业事故公约》要求各国政府“主管当局须制定综合的选址政策,规定计划建造重大危险设施同工作区和居民区以及公共设施之间要适当分离开,并规定对现有设施要采取适当措施”。1996年欧盟颁布的《塞韦索指令二》(96/82/EC)第12章“土地使用规划”要求:各成员国应通过制定土地使用政策和(或)其他相关政策确保实现预防重大事故以及限制事故后果的目标。各成员国应从长远角度确保其土地使用和(或)相关政策以及实施程序满足需要,确保指令规定的重大危险设施与居民区、公共活动区和特殊敏感或重要区域保持适当的安全距离。

1998年3月欧盟通过了《工业事故跨国界影响公约》(UN/ECE Convention),该公约第7章“选址决策”要求:为减少所有被影响国的环境和人口风险,各国立法机构应该制定新增加的危险活动选址和现存危险活动整改治理政策,对受某一危险活动产生的工业事故跨国界影响区域,被影响国的立法机构应制定该区域的相关安全政策。

1.2.2 国外安全规划技术方法研究现状

国外安全规划主要是指土地使用安全规划,从目前的情况看,欧共体、美国、加拿大、澳大利亚等国家主要采用两种风险评价方法支持土地使用规划的决策:第一种方法基于一系列假想事故情景的后果评估,通常称为“基于后果”的方法;第二种方法基于事故情景后果和发生可能性的评估,称为“基于风险”方法。对于给定的设施,“基于后果”的方法评估事故造成的死亡和重伤的区域。“基于风险”的方法给出一个区域,在区域内人员面临着特定事故造成特定伤害水平的一个概率。除了上述两种风险评价方法以外,还有第三种简便的方法,这种方法使用与危险活动的类型有关的“类别”距离,而不对现场进行详细的分析。这些安全距离通常通过判断得出,主要基于历史原因、操作类似设施的经验(包括历史事故信息)或装置的环境影响等。

1) 安全距离法

这种方法是国外发达国家早期用于安全规划的方法。该方法基于如下原理:土地利用上互不相容的区域应当设置适当的隔离距离,这些安全距离的范围通常仅仅依赖于工业活动的类型或现存危险物质的数量。

为了便于操作,建立了与工业活动类型相对应的安全距离表。类别中又分为大类和小类。大类不区分现存的物质种类或其数量,如“无机化学工业”。小类区分物质种类和数量,并且考虑现存物质的数量以及其他影响因素(如罐的形状、地上储存或地下储存等)。该方法的不足之处在于对系统的详细设计特征、安全措施和设施的特殊性等考虑较少。

安全距离的具体数值主要通过历史数据、类似装置的操作经验、粗略的后果评估或专家的判断得到。此外,也可通过装置设施对环境的影响得出,即可借鉴“环境损害”距离的数值。而对于涉及爆炸等的危险活动,则可通过简单的计算模拟计算出安全距离。

当没有条件进行风险评价或后果评价时,安全距离的方法简便实用,能够在危险活动和新开发项目之间保证一定的隔离距离。

2) 基于后果的方法

20世纪70年代,欧洲几起重大事故的发生,如1974年6月英国弗利克斯巴勒(Flixborough)爆炸事故,1976年的意大利塞维索(Seveso)工厂环己烷泄漏事故等引起了人们对预防重大事故的高度重视,开展了针对重大危险源的风险评价技术研究工作,发展了“基于后果”的评价方法,用于危险设施附近新开发项目的规划和新建危险设施的选址。

“基于后果”的方法依据对假定事故后果的评估,但不对事故的可能性进行量化。该方法的指导思想为:如果现有的保护措施能够充分保护人群免受最坏事故的影响,那么也能够充分保护人群避免受任何较轻事故的影响。因此,该方法有时也被称为“最坏假想事故情景”方法。

这种评价技术建立在各种事故后果模型的基础上,如火灾、爆炸、毒物扩散等模型,通过模拟计算出与潜在事故发生可能性无关的各种死亡或伤害半径作为事故后果严重度的一种量度,计算得出的伤害半径便可作为“基于后果”方法的规划标准。例如:(1)对于毒物泄漏,确定对应一定死亡剂量或严重伤害(如死亡率为1%的浓度)的距离;(2)对于火灾产生的热效应,确定在给定暴露时间内可能引起燃烧或导致严重伤害的热辐射相对应的距离;(3)对于爆炸,确定与可能导致死亡或严重伤害(如耳膜破裂)的超压相对应的距离。

此方法的不足之处在于选择“最坏”事故情景的难度上。事实上,原本认为是“最坏”的事故情景,可能在某些情况下导致的事故后果比原本认为不是“最坏”的情景的后果小。

3) 基于风险的方法

在土地使用规划中使用的另一种方法是“基于风险”的方法(也称为“概率”法)。这种方法的目标是评估潜在的事故后果的严重度和发生的可能性,并将两者结合。由于这一方法涉及事故发生频率的计算,因此在风险分析方面比前述的方法更完整。

此方法通常使用以下两类风险指标:(1)个人风险,定义为由于设施的事故导致特定位置的个体死亡概率(或者特定的伤害水平);(2)社会风险,与不同类型的人群有关,定义为任何导致大于或等于特定人数死亡的概率。个人风险通常表示为风险等直线,而社会风险通常用F-N曲线表示。

基于风险的安全规划方法使用个人风险和社会风险两种标准作为判定的依据,而在基于后果的方法中仅使用后果的范围作为土地规划的标准。

该方法的不足之处是引发事件的概率具有不确定性,并且复杂且耗时,需要大量的模型、数据支持。

1.2.3 国内现有的研究基础

目前我国的城市规划中,尚缺乏安全规划的内容。但我国在城市消防规划和减灾规划方面进行了一些有益的尝试。1998年国家计委、建设部、公安部联合颁布了《城市消防站建设标准》,对城市消防站的规划布局进行了规定;同年,公安部消防局印发了《城市消防规划编制要点》,提出城市消防规划应包括:城市消防安全布局、消防站、消防给水、消防通信、消防车通道等方面的内容。但是,

对城市安全规划缺乏系统和综合性,城市公共安全规划的内容基本上尚属于空白。

虽然我国在城市安全规划方面缺乏研究,但在风险评价方法方面已开展了一些研究,经过“八五”、“九五”期间国家科技攻关项目的成功实施,已为开展城市安全规划工作积累了许多宝贵的经验。“八五”期间开展的科技攻关项目《重大危险源辨识评价和宏观控制技术研究》,为我国开展重大危险源的普查、评价、分级监控和管理提供了良好的技术依托,并在北京、上海、天津、青岛、深圳和成都6城市开展试点工作,取得了良好的成效。“九五”期间的《重大工业火灾、爆炸、毒物泄漏事故预防技术研究》项目,在事故后果模型方面奠定了良好的基础。

2 研究方法与技术路线

专题采用“产、学、研”相结合的方式,充分发挥整体优势,加强协作、联合攻关,边研究、边试点、边应用,以影响城市公共安全的重大事故及灾害为研究主线,重点研究城市重大危险源安全规划的编制程序及相应的技术方法,为城市重大危险源安全规划的编制提供技术指南;同时对城市公共场所、城市公共基础设施中的燃气系统、城市工业设施防恐怖袭击、城市防突发公共卫生事件、自然灾害以及道路交通等方面的安全规划进行初步的研究。

专题研究技术路线如图1所示。

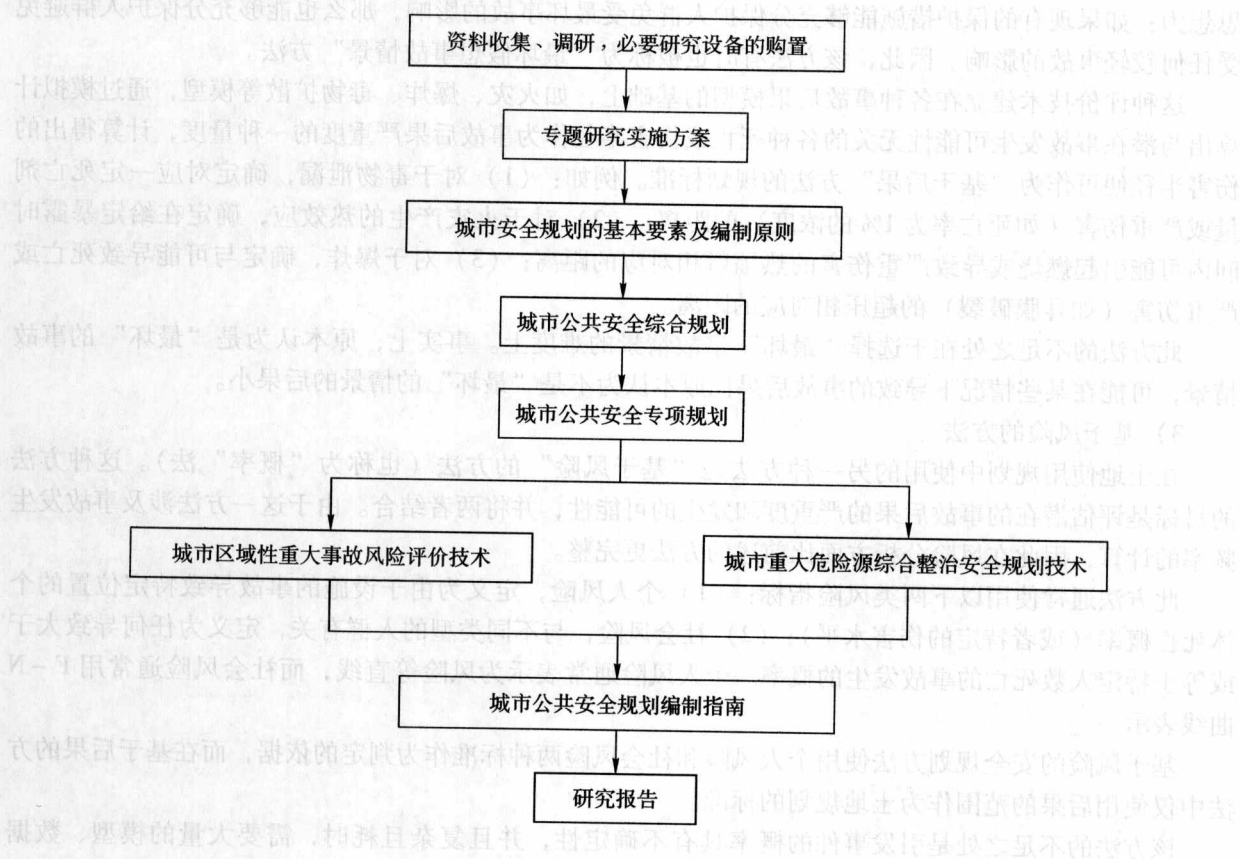


图1 技术路线

3 攻关目标和主要研究内容

3.1 攻关目标

根据科技部的课题任务书要求,本专题的攻关目标为:针对城市不同区域的安全要求,研究提出

不同功能区域风险评价方法；风险评价标准、指标和量化方法；提出针对城市不同功能区的安全规划的一般原则、方法及程序；提出城市综合安全规划指南。

3.2 主要研究内容

按照国家科技攻关计划课题任务书《城市公共安全规划与应急救援预案编制及其关键技术研究》的要求，从城市建设和社会发展总体规划的角度出发，研究城市公共安全区域（单元）安全规划的设计原则与方法，提出城市公共安全总体规划技术；在城市危险源动态辨识的基础上，研究城市安全规划的基本要素及编制原则；针对城市不同区域的危险源特点，研究城市区域性的重大事故风险评价技术，建立城市区域性重大事故风险评价的模式和数学模型、风险量化方法及风险评价指标体系；另外，通过对城市重大危险源现状的调查研究，分析和预测城市重大危险源的发展趋势，开展城市重大危险源综合整治安全规划技术研究，提出重大危险源安全监控与管理方法。

4 主要研究成果与技术创新

4.1 主要研究成果

本专题的主要研究成果有 6 个方面：城市区域性重大事故定量风险评价技术，城市安全功能区划分方法及其规划技术，城市整体（综合）安全规划技术，城市重大危险源综合整治安全规划技术，城市其他公共安全规划编制要点。

4.1.1 城市区域性重大事故定量风险评价技术

城市是一个地理上广阔、危险源种类繁多且分布不均的复杂区域。研究过程中，在对国内外风险评价方法充分调查分析的基础上，提出了采用城市区域性定量风险评价技术（QRA），以系统事故风险率来表示危险性大小，采用个人风险和社会风险作为风险指标参数，可实现多危险源、多事故后果类型的风险的叠加，并可方便地将其拓展到城市的广阔区域，实现城市整体性的风险评价，在此基础上参照个人风险和社会风险的可接受标准实现重大危险源安全和整治规划。

该技术基于重大危险源辨识普查所获得的技术参数，以空间地理坐标为基础，在城市区域地图基础上，建立一套笛卡尔坐标系的网格，将城市的广阔区域划分为等间隔的网格区，从而可通过网格的有限差分实现区域风险的叠加。风险评价的示例如图 2 所示。该技术的核心包括：

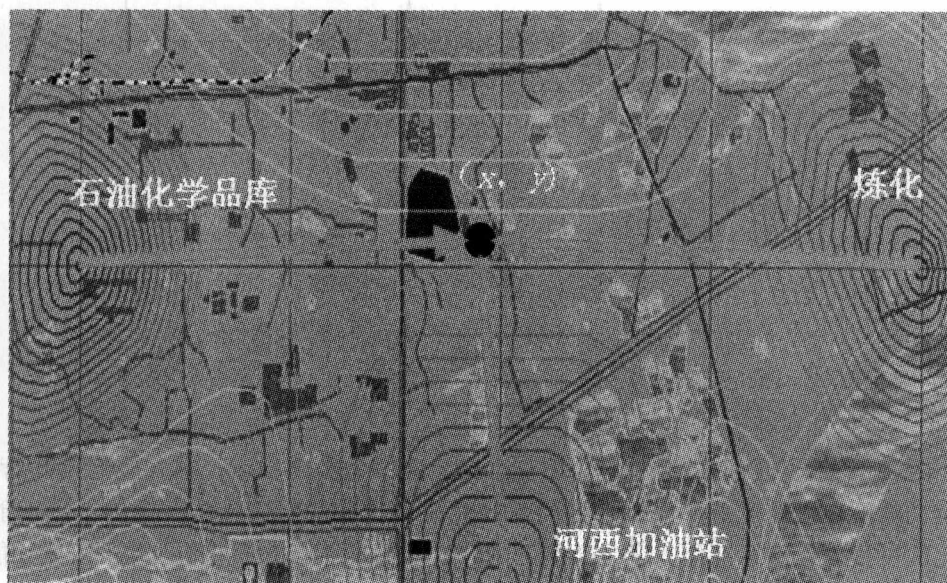


图2 区域定量风险评价网格示意图

- ① 提出了区域性定量风险评价的总体框架、原则。总体框架如图 3 所示；
- ② 建立了区域内某一空间地理坐标 (x, y) 处由事故发生概率和事故后果耦合的个人风险评价数学模型；

$$R(x, y) = \sum_{s=1}^N f_s v_s(x, y) \quad (1)$$

式中： $R(x, y)$ 为危险源在位置 (x, y) 处产生的个人风险（次/年）； f_s 为第 S 个事故情景发生的概率（次/a）； $v_s(x, y)$ 为第 S 个事故情景在位置 (x, y) 处引起个体死亡的概率。

- ③ 建立了风向、风速不均一影响下的事故发生概率和事故后果耦合的个人风险评价数学模型：

$$R_{S \rightarrow P} = S_s \int_{-\pi}^{+\pi} v_s(\theta') p(\theta) d\theta' \quad (2)$$

式中， $\theta = \theta' + \theta_{S \rightarrow P}$ ， $\theta_{S \rightarrow P}$ 为线段 $S-P$ 与风向风力基准线之间的角度， $p(\theta) d\theta'$ 为风向位于 θ 和 $\theta + d\theta'$ 之间事故情景的条件概率。

- ④ 给出了由余补累积频率函数表示的通过个人风险和人口密度耦合得出的社会风险计算和曲线（ $F-N$ 曲线）绘制方法。

⑤ 建立了解算式（1），（2）中 v_s 所需的易燃、易爆、有毒化学品泄漏扩散模型，以及火灾、爆炸、中毒事故后果模型，并开发了相应的动态连接库程序，建立了不同类型事故后果转化个体死亡概率的函数关系；给了解算式（1）中 f_s 的分析方法，以及处理式（2）中不均一风向概率 $p(\theta)$ 的方法。

- ⑥ 开发了区域性定量风险评价的计算软件。

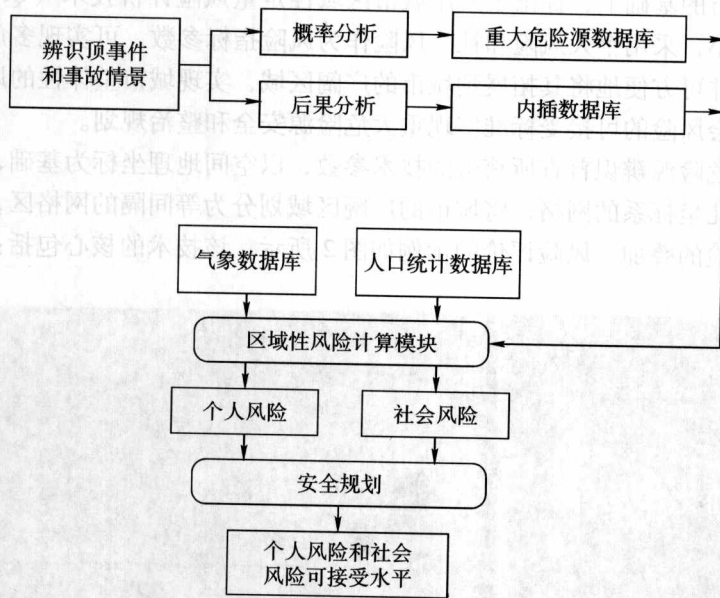


图3 城市区域重大事故定量风险评价过程总体框架

4.1.2 城市安全功能区划分方法

研究提出了城市安全功能区的概念，采用安全功能区作为实施城市公共安全规划和管理的基础，按照城市安全功能区中人员可承受风险水平的不同而采取相应的对策措施。提出了用功能区风险水平，即定量化的可接受风险标准作为安全功能区划分的依据，并给出了基于风险的安全功能区划分方法及原则。

- ① 提出了安全功能区划分依据的要素和指标，根据区域的性质、固定或流动人口密度、人口结

构、人员暴露的可能性、人员撤离的难易程度、重大危险源的情况等确定安全功能区的可接受风险基准；

② 提出了安全功能区的分类和可接受风险基准，按照城市不同类型功能区对风险要求的相似性。将城市安全功能区划分为四类：一类风险控制区、二类风险控制区、三类风险控制区、四类风险控制区。具体划分标准如表 1 所示。

表 1 城市安全功能区划分方法

安全功能区名称	最大可接受风险	包含的主要城市功能区类型	特点描述
一类风险控制区	1×10^{-6}	居民区	人员高度聚集
		文教区	人员高度聚集或易损
		交通枢纽区	人员高度聚集
		商业区	人员高度聚集
		重点保护区	目标敏感
		名胜古迹区	目标敏感
		行政办公区	目标敏感
二类风险控制区	1×10^{-5}	工业区	人员密度较高
三类风险控制区	1×10^{-4}	仓储区	人员密度较低
		广场、公园等	人员密度较低
四类风险控制区	$\geq 1 \times 10^{-4}$	开阔地	人员密度很低

4.1.3 城市安全功能区规划技术

在对国外土地使用规划方法研究的基础上，给出了基于安全距离、事故后果阈值的安全功能区规划方法，并且提出了同时基于安全功能区可接受风险基准和规划对象可接受风险基准的城市重大危险源安全功能区规划原则、方法与程序。

给出了基于火灾、爆炸、中毒等事故后果的热辐射、冲击波超压以及部分毒物中毒剂量的阈值。如 LC1%（毒物泄漏造成 1% 死亡的浓度）；三度烧伤的热辐射阈值（ $5\text{kW}/\text{m}^2$ ）；爆炸造成耳膜破裂的超压阈值（140Mbar）等。

给出了影响规划对象按可接受风险基准进行分类的主要因素：人员的易损情况（包括成年人、孩子、老年人以及残疾人等）；人员暴露的情况（出现在室内和户外的时间比例）；可能出现的人员的数量；进入避难场所的难易程度；撤离或其他应急措施实施的难易程度；建筑物可提供的保护情况。

提出了规划对象的分类，提出了高敏感或高密度场所、中密度场所和低密度场所 3 类规划对象类别和个人风险的建议可接受标准，以及基于风险的规划方法、程序，分别如表 2、图 4 所示。

表 2 不同规划对象类别的个人风险的建议可接受标准

规划对象类别	规划对象说明	可接受标准
高敏感或高密度场所	如党政机关、军事禁区、军事管理区、古迹、学校、医院、敬老院、大型体育场馆、大型商场、影剧院、居民住宅、宾馆饭店等	1×10^{-6}
中密度场所	如办公场所、劳动密集型工厂、商场（商店）以及小型体育及文化娱乐场所等	1×10^{-5}
低密度场所	如技术密集型工厂、公园、广场等	1×10^{-4}

4.1.4 城市重大危险源整体（综合）安全规划技术

研究了城市重大危险源整体（综合）安全规划技术，主要包括新建重大危险源的选址；现有重

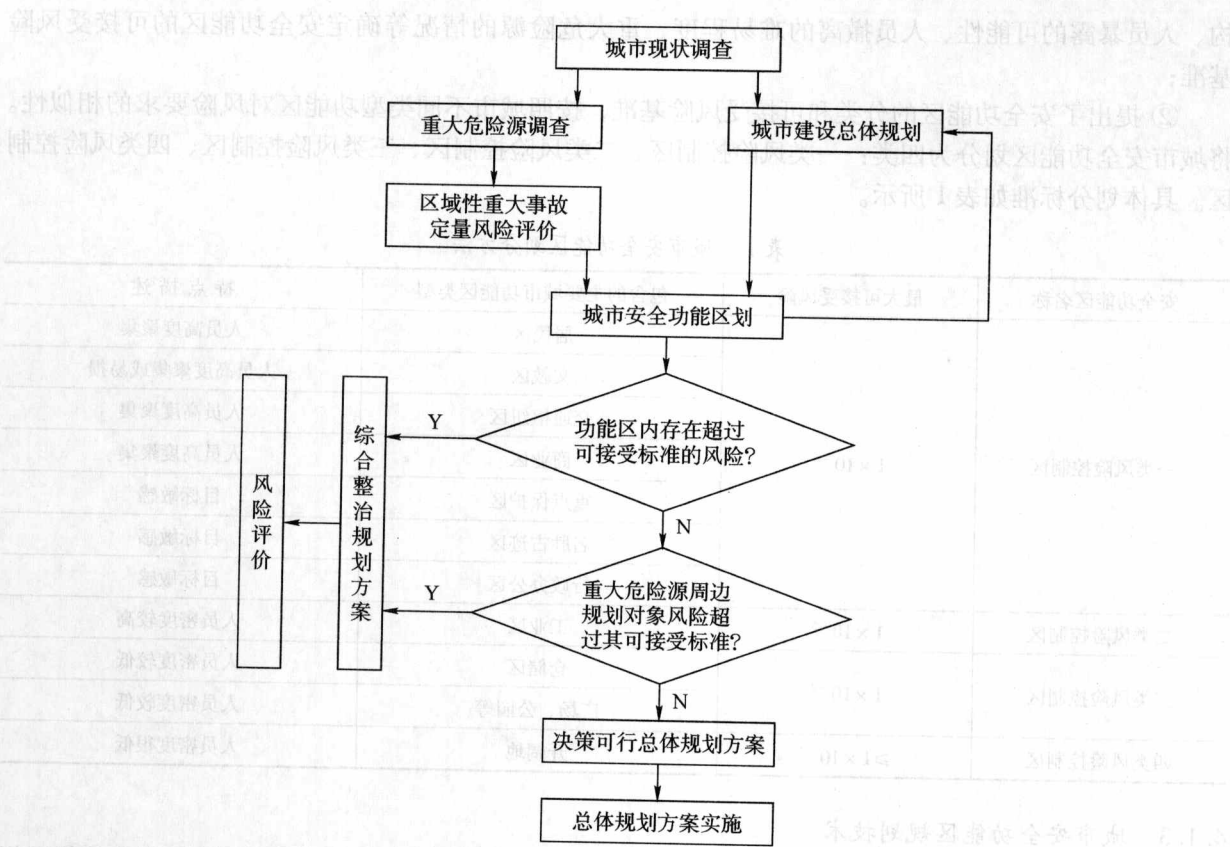


图4 城市重大危险源安全规划编制程序

大危险源的改变；现有重大危险源附近的土地利用；疏散人员临时应急安置场地；城市消防安全布局等方面的内容。

① 提出了新建重大危险源选址的原则以及新建、改建、扩建重大危险源周边的土地利用规划方法和程序，如图5所示；提出了现存重大危险源周边土地利用规划的方法和程序，如图6所示；

② 提出了城市消防规划和疏散人员临时安置场地设置的一般原则；

③ 提出了城市重大危险源综合整治安全规划的原则、方法、程序和可选类型，给出了城市重大危险源综合整治措施规划方案评价的准则与方法，以及城市重大危险源的监督管理要求。

4.1.5 城市危险源综合整治安全规划技术

研究了城市重大危险源综合整治措施的方法，城市重大危险源申报、登记以及快速评价方法和软件。提出了城市重大危险源综合整治措施的程序（图7）和整治措施的可选类型，提出了《重大危险源安全监督管理规定》的送审稿，主要内容包括：重大危险源登记、评估与备案，重大危险源的管理、监控以及监督管理等。

4.1.6 城市其他公共安全规划编制要点

研究了公共场所、燃气系统、工业设施防恐怖袭击、防突发公共卫生事件、自然灾害和道路交通等城市其他公共安全规划编制的要点。

① 提出了城市公共场所安全规划的原则、目标及编制程序；提出了由原发事故灾害风险（ $R_{原}$ ）、风险扩大因子（ E ）、风险控制因子（ M ）程序等构成的城市公共场所安全评价模型，并给出了风险评价的程序和技术要点；提出了城市公共场所风险控制措施规划方案；

② 提出了城市燃气系统安全规划的原则、编制程序；给出了城市燃气系统的定性、定量风险分

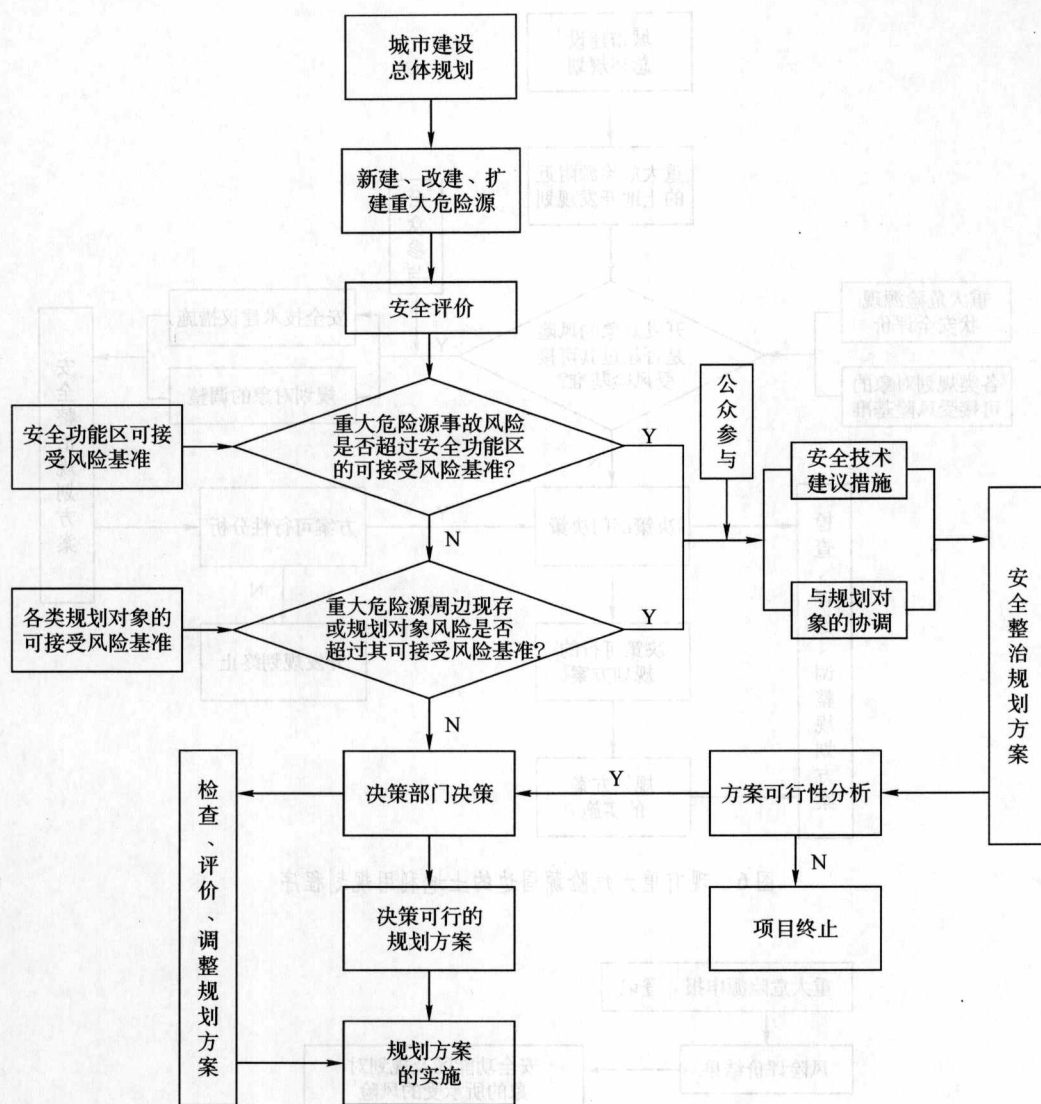


图5 新建、改建、扩建重大危险源周边土地利用规划程序

析方法，以及风险控制措施规划方案；

③ 提出了城市工业设施防恐怖袭击安全规划的目标、原则及编制程序；建立了易受攻击性评价指标体系、评价方法及分级依据；给出了城市工业设施防恐怖袭击安全规划的风险控制措施方案；

④ 提出了城市防突发公共卫生事件安全规划的目标、原则、编制程序、风险等级划分方法、控制响应程序以及风险控制措施；

⑤ 提出了城市自然灾害安全规划的分类、目标、原则、编制程序风险控制措施规划要点；

⑥ 提出了城市道路交通安全的目标、原则、编制程序，提出了道路交通风险评价方法，给出了风险控制措施规划要点。

4.2 主要技术创新

本专题围绕城市重大危险源辨识、重大事故风险评价和控制展开，开发了区域性重大事故定量风险评价技术，提出了以可接受风险标准为指标的城市公共安全规划方法。其创新点主要有：

① 提出了基于个人风险和社会风险的区域性定量风险评价技术，通过网格的有限差分实现了多

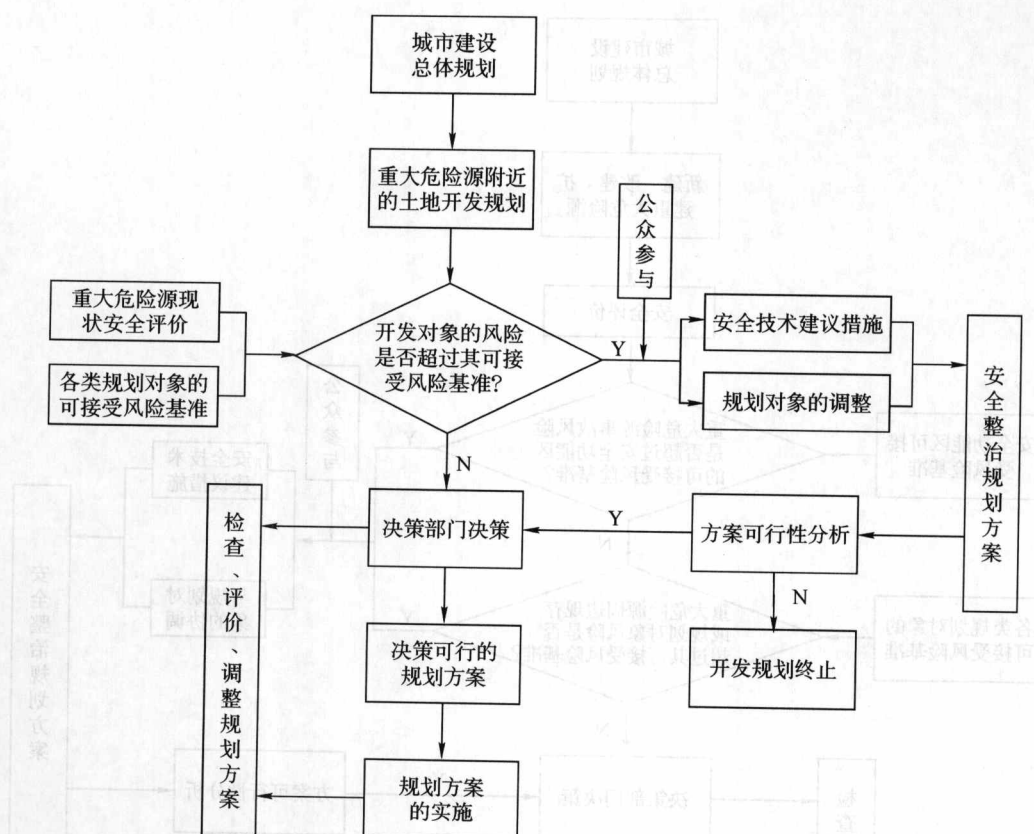


图6 现有重大危险源周边的土地利用规划程序

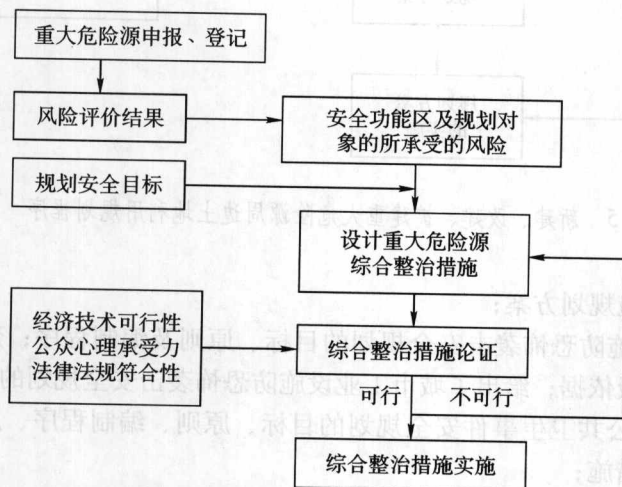


图7 制定重大危险源综合整治措施的程序

危险源、多事故类型、不同气象条件在区域内任一位置个人风险的叠加。与以往只能计算事故伤害范围的安全评价方法相比，解决了空间位置风险无法统一表示的难题，实现了城市区域性的风险评价，为进行城市整体性的安全规划提供了技术方法；

② 提出了基于个人风险和社会风险可接受标准作为安全规划指标的城市安全功能区规划方法。